ChinaXiv合作期刊

引用格式：曹玲静, 张志强. 发展高风险高回报研究的科技政策机制. 中国科学院院刊, 2022, 37(5): 661-673.
Cao L J, Zhang Z Q. Developing science and technology policies for High Risk-High Reward research. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(5): 661-673. (in Chinese)

发展高风险高回报研究的科技政策机制

chinaXiv:202303.10049v1

曹玲静　张志强*

1 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041
2 中国科学院大学 经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘要　高风险高回报（HRHR）研究是指科学研究问题的挑战性或失败风险很高但其成功后的突破性、变革性和原创性鲜明的科学研究类型，其体现科技原始创新能力，致力于产出重大科学发现和技术突破成果，有利于加快提升国家科技创新核心竞争力，这方面的理论与方法研究有助于完善科技政策。深入洞明国际上该类研究的发展背景、概念内涵及特征，探讨构建"决策-资助-执行"三位一体的HRHR研究管理体系，并以国际典型科研机构的HRHR研究项目为例，系统分析、比较与归纳改进的同行评议、项目经理制和去评审化等代表性学术评议机制的基本原理、评审流程及优缺点等，可以为完善国家科研管理政策提供依据。借鉴国外HRHR研究项目资助的有益经验提出建议：制定促进HRHR研究的科技管理政策；完善遴选HRHR研究的项目评议机制；营造激励HRHR研究的卓越学术生态。

关键词　高风险高回报研究，突破性创新，原始创新，科研资助，科技政策，学术评议

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20220108001

科学技术（生产力）之变（即新一轮科技革命与产业变革）是当今世界正经历的百年未有之大变局的"加速器"和主要变量[1]。学科交叉融合渗透和高新技术集群式发展加速推动了科技创新，新冠肺炎疫情全球大流行更是加快了科技创新步伐，科技变革速度远远超越社会预期[2]。国家竞争和经济发展迫切需要科学技术的重大突破来提供强大支撑，而科研资助是促进科技创新与突破的基础条件和有效保障。近年

*通信作者
资助项目：中国科学院政策研究课题（ZYS-2021-03）
修改稿收到日期：2022年4月26日

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.10049v1

来，科学界日益增加的一个忧虑是，科研资助体系过于保守，如果不鼓励和支持有失败风险但可能会带来重大突破的创新研究，可能会损害一个国家的长期科技创新力和竞争力[3]。科研资助过于保守的原因可以归纳为：① 科研经费是国家财政支出中重要的战略性投入，资助机构基于绩效考虑更愿意资助那些明显有希望带来显著科研回报的研究，因而导致高风险但可能高回报的研究生存空间狭小；② 学术界同行评议机制“一统天下”，但受限于专家的知识范围和共识性要求，高风险高回报（High Risk-High Reward，HRHR）研究的价值难以被准确预测，故很难通过评审而获得资助[4,5]；③ 项目申请通常与科研人员的职位晋升、评奖评优等密切相关，这种导向性使科研人员更倾向于选择那些渐进性、稳妥性的“安全型”研究[6,7]。

科学技术（生产力）之变使得科技竞争力成为国家综合国力和竞争优势的核心内容，而国家科技创新能力竞争的关键是国家间科技制度和政策的竞争。主要科技发达国家为进一步塑造未来竞争优势，纷纷加快了 HRHR 研究类项目的前瞻布局和探索。例如，美国国立卫生研究院（NIH）专门设立 HRHR 研究项目以支持极具创造力的科学家进行高度创新的研究；法国国家科研署（ANR）的 OH Risque 项目旨在促进具有极高科学风险且有重大科学、技术、经济影响潜力的探索性研究项目；英国国家科研与创新署（UKRI）工具和资源开发基金的变革性研究技术项目中明确支持开展 HRHR 试点研究。可见，具有重大科学回报价值同时风险性较高的基础前沿研究领域的研发竞争，已经受到主要科技国家重视及其科技战略重点关注。

近 20 年来我国科技取得长足进展，正逐渐从“跟跑”向“并跑”和“领跑”转型发展，高度重视突破性创新、颠覆性技术发展，特别是原始创新能力提升，相关概念频繁出现在学术讨论和政府文件中。例如，党的十九大报告指出“要瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破”。习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科学技术协会第十次全国代表大会上强调，在项目评价上，要建立健全符合科研活动规律的评价制度，完善自由探索型和任务导向型科技项目分类评价制度，建立非共识科技项目的评价机制。随着“创新在现代化建设全局中的核心地位”战略和“科技自立自强”方针的确立，科技管理和科研资助中应该而且必然更加关注原始科技创新研究。本文从阐述 HRHR 研究的概念内涵入手，总结其发展背景和研究特征，厘清 HRHR 研究中相关责任主体及作用关系，分析归纳国际上对该类研究项目的有效资助政策和评审机制，以期获得有益促进 HRHR 研究的科研管理经验，为我国支持高风险探索类项目的科技政策制定和完善提供依据。

1 HRHR 研究发展背景、概念内涵及管理体系

1.1 HRHR 研究发展背景

1.1.1 科学范式理论揭示的科学发展本质属性

托马斯 · 库恩的科学范式理论被认为是变革型研究的理论起源。他认为科学是在“常规科学”和“革命科学”的交替演变过程中不断进步的；常规科学是科学共识下的主导范式，而革命科学是传统科学范式因太多异常现象的积累而产生的科学突破，通常发生在范式的焦点之外[8]。例如，当研究者基于现有科学范式对某些科学问题和社会现象进行判断与预测会产生很多误差时，就会突破已有范式限制寻求新的理论解释和解决方案，进而产生科学变革。HRHR 研究符合革命科学的特点，其勇于挑战传统科学范式，突破保守桎梏，虽然具有较高的失败风险，但是一旦成功，将会形成重大科学突破，推动科学发展，甚至引发科学革命。当前，科学研究进入了一个大数据驱动

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.10049v1

的科学突破的新时代，科学范式理论很好地阐释了重大科学突破产生的原理，为HRHR研究的开展奠定了理论基础。

1.1.2 科技竞争激烈状态下的科技领导权争夺

当今时代，科技实力是国家的核心竞争力，是科技强国的战略支撑。近年来，随着新一轮科技革命和产业变革加速演进，科技强国普遍加强了科技战略规划和布局[9]。2020年新冠肺炎疫情全球大流行之后，国际科技竞争愈发激烈，各国纷纷调整发展战略，更加注重科技进步和创新驱动，以加快促进经济复苏和赢得科技竞争优势[10]。例如：美国2020年10月发布《关键与新兴技术国家战略》[11]，并于2022年发布更新版[12]；2022年3月美国国会正式通过《2022美国竞争法案》[13]，旨在促进科技创新突破和支持基础研究，以寻求继续保持核心科技领域领先地位和竞争优势。英国政府2020年7月发布《英国研发路线图》[14]，表示支持变革性研究以实现科学突破；2020年10月，英国国防部发布《2020年科技战略》[15]，进一步加强科学研究和科技创新布局。其他科技发达国家也都积极布局国家科技发展战略，而国家战略目标的实现、科技瓶颈的突破往往依赖于具有高风险、高回报特征的原始创新研究。

1.1.3 科学共同体期盼科学突破的共识性诉求

二战后，美国形成了以《科学：无尽的前沿》报告[16]思想为主导的科学资助政策体系，同行评议成为科研资助评审的主流机制。但同行评议本质上是专家群体根据当前知识范围的共识性判断；受限于现有的知识边界和学科分类，其难以对具有突破性和原创性的HRHR研究做出准确研判，因此必然产生对同行评议机制主导的科学资助体系的质疑。例如，Braben[17]认为当前体系正在忽略高风险研究，而是支持更多安全和保守的研究；龚旭[18]揭示了同行评议的“共识性、学科性”与变革性研究的“非共识性、跨学科性”存在根本冲突；Lee[19]和Gillies[20]认为同行评议中广泛的群体共识会导致研究同质化、保守化发展。基于此，国际上一些科研资助机构加快科技政策调整，优化科学资助布局，完善科学资助机制，特别关注同行评议容易忽视的HRHR型研究。

1.2 HRHR研究概念内涵及研究特征

1.2.1 HRHR研究概念内涵

HRHR研究是近年来国外科技政策文件、基金资助计划中使用较多的科技政策概念。2007年《美国竞争法案》指出科研机构应支持高风险、高回报的基础研究项目来促进美国创新，并将HRHR研究定义为“应对基础研究的科学或技术挑战、参与多学科的工作、具有高度新颖性的研究”[21]。NIH设立的HRHR研究计划旨在支持科学家进行高度创新的研究，这些研究可能存在较高风险或者太过新颖而早期不被认可，但有潜力对生物医学、行为或社会科学产生广泛影响。经济合作与发展组织（OECD）2021年5月发布《促进HRHR研究的有效政策》报告[22]，将HRHR研究定义为：致力于解决雄心勃勃的科学、技术或社会挑战；致力于以变革性的方式突破现有科学、技术或社会范式；具有高度的新颖性；具有无法实现目标的高风险；也具有对科学、技术或社会产生巨大变革性影响的潜力。这是目前关于HRHR研究最为全面的概念解释。

HRHR研究亦称作变革性研究、非共识研究和原创性研究。美国国家科学基金会（NSF）在2007年《NSF加强支持变革性研究》报告[23]中明确界定了“变革性研究”的概念：有潜力彻底改变对现有科学（工程）概念的想法，或是能够创造新范式或新研究领域的研究。NSF在此基础上进一步完善，将变革性研究定义为：涉及从根本上改变现有科学（工程）

① National Science Foundation. Transformative Research: Definition. [2022-04-20]. https://www.nsf.gov/about/transformative_research/definition.jsp.

chinaXiv:202303.10049v1

概念或实践的理解，或能够创建新的范式或科学（工程）新领域的想法、发现或工具，核心是挑战了当前的理解或提供了通往新领域的途径①。国内常用的类似概念是非共识研究和原创性研究。例如，国家自然科学基金委员会将原创性研究定义为：提出原创学术思想、开展探索性与风险性强的原创性基础研究工作，旨在培育或产出从无到有的引领性原创成果，解决科学难题、引领研究方向或开拓研究领域，为推动基础研究高质量发展提供源头供给②。可见，这些概念与 HRHR 研究的定义基本相似，区别在于这些概念在语义上更加强调科学研究的潜在影响和回报，未指明其存在的失败风险；而 HRHR 研究则在关注潜在回报和影响的同时，强调了未能实现研究初始目标的风险。

虽然 HRHR 研究的概念尚未完全统一，但其内涵是清晰的，即：*HRHR 研究是挑战现有研究范式，初期可能不被看好或认可，具有较高失败风险，但其是有潜力带来科学重大发现或技术巨大突破的原创性研究，多发生在基础研究领域。*HRHR 研究中的高回报主要指：知识创新导致科学研究实现突破性进展而产生的科学影响；通过新知识或新技术来解决社会重大挑战产生的社会影响；关键核心科学突破体现在新的商品和服务中所产生的经济影响。

1.2.2 HRHR 研究特征

OECD 认为 HRHR 研究具有更高层次的知识特征，包括：基础性（基础的实验或理论发现，没有任何具体应用或用途）、普遍性（适用于广泛的科学领域）和新颖性（一种潜在的知识飞跃）[24]。NSF 将变革性研究特征总结为：挑战传统知识范式或结果；产生不可预见的新方法或新技术；拓展科学、工程或教育的边界[23]。实际上，以上所讨论的均是 HRHR 研究的事前研究特征，并不能全面揭示 HRHR 研究本身特点。

本文结合 HRHR 研究的概念内涵并聚焦 HRHR 研究全生命周期，认为其研究特征应包含 3 点：*① 新颖性，是事前评价特征，*指提出了全新的科学理论或技术方法，挑战了人们的广泛认知，是一种非共识的想法或概念；*② 不确定性，是事中评价特征，*指在研究过程中可能会改变研究思路和方法，结果成功与否难以预测，具有较高失败风险，但也可能取得巨大成功；*③ 突破性，是事后评价特征，*指研究成果能够颠覆或创新现有科学思想和科研范式，促进了对科学疑难问题的理解和解决。

1.3 HRHR 研究的管理体系

科技创新突破是科学界的一个系统性问题，包括多个参与者和多种决策过程。厘清 HRHR 研究相关的责任主体和作用关系，有利于针对性地制定政府资助策略，加强对 HRHR 研究的探索和支持力度。借鉴 OECD 关于 HRHR 研究利益相关方协作关系的梳理[22]，可发现政府决策机构、科研资助机构和研究执行机构是促进 HRHR 研究的主要责任主体；三者之间相互促进、相互影响，对 HRHR 研究的作用关系可分为积极、中级和消极 3 种（图 1）。其中，政府决策机构作为科技创新的组织者，主要提供长期政策和计划项目支持，促进开展创新强、风险大、难度高、周期长、前景好的战略性科学研究，并期望短期见效（“早出成果、出大成果”）；科研资助机构作为资金提供者，往往追求价值最大化，厌恶研发投入的失败，通常采取资助组合的方式规避失败风险，并制定科学合理的资助机制和评审标准，以保证科研资助的公平公正；研究执行机构为研究的开展提供条件保障，但为了鼓励科研工作者多出成果、快出成果，往往将科研成果与评奖评优、职业晋升相关联，这不利于开展风险较大的创新性研究。总体来看，*各责任*

② 国家自然科学基金委员会 . 2021 年度国家自然科学基金原创探索计划项目申请指南 . (2021-02-22)[2021-10-30]. https://www.nsfc.gov.cn/publish/portal0/tab948/info79908.htm.

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.10049v1

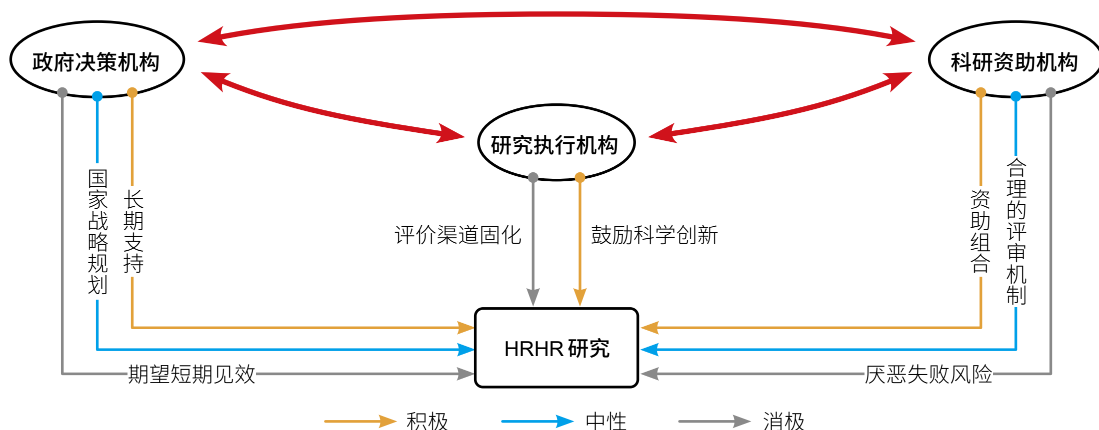


图 1 HRHR 研究的管理（决策 - 资助 - 执行）体系

Figure 1 HRHR research management (decision-funding-execution) system

修改整理自 OECD 报告《促进高风险高回报研究的有效政策》

Modified and compiled from OECD report *Effective Policies to Foster High-Risk/High-Reward Research*

主体在促进 HRHR 研究过程中都发挥了重要作用，但也存在期望短期见效、厌恶失败风险和评价渠道固化等消极影响，这也正是现有科学研究日趋保守的主要原因。未来，各责任主体在资助过程中应尽量克服或者规避这些消极影响，以极大地促进科学进步和技术创新。

2 HRHR 研究资助机制及其特点

HRHR 研究作为科技创新和科研资助活动的重要组成部分，国际上一些科研资助机构已经意识到同行评议在评价 HRHR 这类自由探索型研究方面的局限性，均积极探索促进 HRHR 研究的资助机制，产生了一些成功的案例和崭新的理论。HRHR 研究资助机制可以归纳为“改进的同行评议”“项目经理制”和“去评审化机制”等 3 类，而美国 NIH、国防部高级研究计划局（DARPA）和新西兰健康研究理事会（HRC）是典型代表机构。

2.1 改进的同行评议机制

同行评议是科研资助评审的通行方法，基于其固有的谨慎性和保守性，不利于 HRHR 研究的识别和培育，因此在具体评审使用过程中必须要有所改进。美国 NIH 的 HRHR 研究项目是使用改进的同行评议机制的典型代表，主要通过多级评审的方式资助极具创造力的科学家进行高度创新的研究，旨在解决生物医学、行为和社会科学所面临的主要挑战。该项目分为先锋项目、新创新者项目、变革性研究项目和早期独立项目 4 类（表 1），且均强调申请书要尽量简短，这在某种程度上是对“花费大量时间写本子”现象的规避。同时，由于 HRHR 研究不确定性程度高，申请书中只需重点阐述所提想法和问题的创新性，不需要详细的实验计划或预算。

在 NIH 4 类不同的 HRHR 项目资助方案中，其多级同行评议过程有所差异（图 2）。其中，专家小组由不同学科背景的科学家组成，尽可能涵盖具有专业科学知识、经验和观点的学者，评审专家通过小组讨论、质疑、辩论形成共识性判断；主题专家（亦称为“邮件评审者”）是与项目申请主题密切匹配的学者，依赖其专业知识对申请项目进行科学评价。先锋项目中，面试审查是与申请者面对面交流，以深度了解拟议项目的影响潜力。在变革研究项目中，前 2 个阶段专家只能访问匿名的特定研究方案，而不能访问申请者的身份信息及其他申请材料。这 4 类项目最终

ChinaXiv合作期刊

表1 美国NIH各类HRHR项目比较

Table 1 Comparison of various awards for NIH HRHR program in the United States

项目名称	先锋项目	新创新者项目	变革研究项目	早期独立项目
设立年份	2004 年	2007 年	2009 年	2011 年
资助目标	支持处于任何职业阶段，提出开创性方法及大胆创新想法的研究人员	支持处于职业发展早期阶段，提出具有高影响潜力研究的个人	支持具有开创新研究范式或颠覆基本研究范式潜力，提出可能需大量预算的变革性研究的个人或团队	支持跳过传统博士后培训流程立即开始独立研究的杰出青年科学家
申请书限制	● 申请书需 5 页 ● 回答有关解决的挑战、潜在影响、奖项的适用性、研究人员的创新性，以及研究如何成为新研究方向的问题 ● 不需要详细的实验计划或预算	● 申请书需 10 页 ● 回答有关重要性和潜在影响、方法的创新性、如何应对风险和挑战、奖项的适用性，以及研究人员资格的问题 ● 不需要详细的实验计划或预算	● 申请书需 12 页 ● 回答有关解决的挑战、方法的创新性、重要性、潜在影响和适当性的问题 ● 不需要详细的实验计划或预算	● 申请书需 12 页 ● 回答有关解决的挑战、方法的创新性和研究计划等问题；还需提供研究者资格证明材料 ● 不需要详细的实验计划或预算
是否需要推荐信	3 封	不需要	不需要	3—5 封
评审方式	三级评审	二级评审	三级评审；匿名评审	二级评审

注：修改整理自NIH HRHR项目比较（https://commonfund.nih.gov/highrisk/table）

Note: Modified and compiled from NIH HRHR program comparison (https://commonfund.nih.gov/highrisk/table)

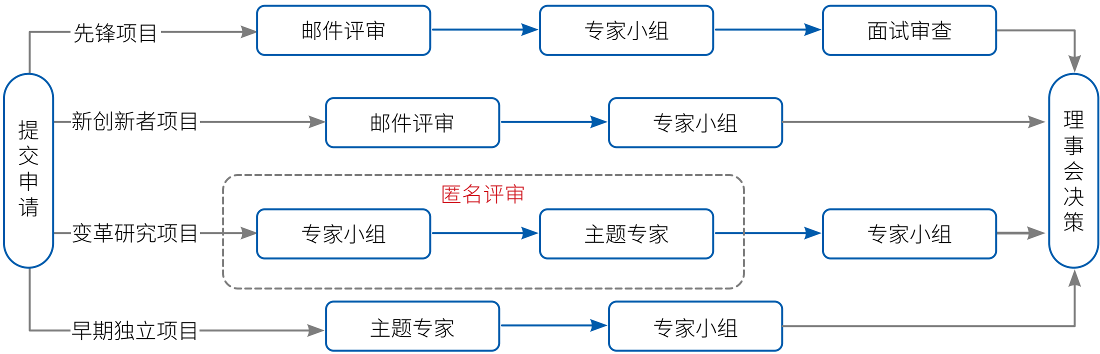


图 2 美国 NIH 各类 HRHR 项目多级评审过程

Figure 2 Multi-level review process of various awards for NIH HRHR program in the United States

的结果都要经理事会③批准后才能给予资助，但理事会不涉及科学或技术审查，只评估整个评审过程的公平性和统一性。

瑞士国家科学基金会（SNSF）的 Sinergia 计划自 2016 年重新调整后旨在促进高风险的变革性研究，其要求申请中体现合作、跨学科和突破性特点；SNSF 设立了专门的 HRHR 研究评审小组④。挪威研究委员会（RCN）大型能源项目 ENERGIX⑤和波兰国家

③ NIH 办公室主任的科学咨询委员会被称为理事会。

④ SNSF. Sinergia–interdisciplinary, collaborative and breakthrough. [2021-11-20]. https://www.snf.ch/en/HzVMPWm96mz69ZJ8/funding/programmes/sinergia.

⑤ The Research Council of Norway. Work programme in effect from 2018: Large-scale programme Energy Research-ENERGIX. [2022-04-20]. https://www.forskningsradet.no/en/about-the-research-council/publications/2019/work-programme-and-energix/.

chinaXiv:202303.10049v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.10049v1

科学中心（NCN）开创性研究的 MAESTRO 项目⑥均采取小组评审和面试两级评审制度，以准确识别高质量研究。分析国际上的相关案例，可以将同行评议的改进措施归纳总结为表2。

专家推荐作为同行评议的一种形式，原就在诺贝尔奖评审中长期应用，近年来也被其他科学奖励等引入使用，未来或许也可用于科研项目资助活动。但应注意到，这里专家推荐实际上是一种“被动推荐”，需要由申请人自行寻求专家推荐。若能化“被动”为“主动”，由专家以自身学术声誉地位担保主动提名高质量研究参与申请，便更能体现权威专家对领域前沿的判断力，有助于挖掘具有潜在影响力的研究。

2.2 项目经理机制

项目经理机制是绕过同行审查，直接依靠项目经理的判断来分配资金的评审方法，核心是“项目外包责任制”，赋予项目经理较大的自主权和决定权。美国 DARPA 被视为创新的“加速器”，是使用项目经理模式支持 HRHR 研究的典型机构。DARPA 是扁平化的组织结构，只设有局长、办公室主任和项目经理 3 个层级。其中，项目经理主要从美国学术界、工业界和政府实验室最为出色的科学家和工程师中以“借调”的形式短期聘用，要求其具有灵敏的科学嗅觉、一定的研究背景和技术深度，以及丰富的项目管理经验和投资经验[25]；任期一般为 3—5 年，最长不超过 6 年，这种流动性有助于促进研究的高效执行。

DARPA 项目经理制的具体资助过程如图 3：在项目立项时，项目经理有充分的自主权去识别和资助所负责领域内的相关创新研究项目，不需经过广泛的同行评议，只要 DARPA 局长和所属办公室主任同意即可立项。在项目执行过程中，项目经理全权负责团队成员招募、确定技术路线、自主支配项目经费，行政办公室等机构可提供保密、法律、财务等方面的专家支持。同时，由于 HRHR 研究往往难以预测，项目经理采用“宽进严出”的科研管理策略，奉行“边执行、边考核、边资助”的工作流程；在研究初期鼓励平行竞争，推进不同技术路线的研究进入执行阶段并阶段式考核[26]，对有前景的项目追加资助，而对考核不佳的项目及时叫停止损，从而极大程度上规避了潜在的

表2　同行评议的改进措施

Table 2　Improvement measures of peer review

改进措施	基本原理	优点	缺点
申请限制	申请书中需提供明确的HRHR研究思路	申请书易于书写，允许专注于HRHR研究	HRHR研究往往无法准确界定和提前预测
匿名评审	双盲，评审者和申请者均不知道对方身份	避免了同行对某些类别申请者的偏见	减少了评审者可参考的信息，同时也弱化了评审者与评审结果的责任捆绑
扩大同行	将多学科、多身份、多年龄段的专家纳入评审专家群体	一定程度上规避了小同行存在的局限性	评审专家的多样化增加了评审时间和金钱成本
多级评审	综合使用邮件评审、专家小组评审或面试答辩等多种评审方式	增强了对HRHR研究价值的准确性判断	评审程序繁杂且相互依赖，评审成本高
分类评审	针对不同阶段的研究人员制定单独资助计划，并具有不同的评审标准	消除早期职业研究人员担心开展创新性研究会对职业产生影响的顾虑	分类与HRHR研究本身并没有直接联系
专家推荐	申请者需找到多位同行权威专家为所申请研究写推荐信	专家推荐能为项目评审提供有益参考，相对客观和公平	无法排除“人情”类推荐

⑥ National Science Centre of Poland. Announcement of the MAESTRO 12 call. [2022-04-24]. https://www.ncn.gov.pl/en/ogloszenia/konkursy/maestro12.

chinaXiv:202303.10049v1

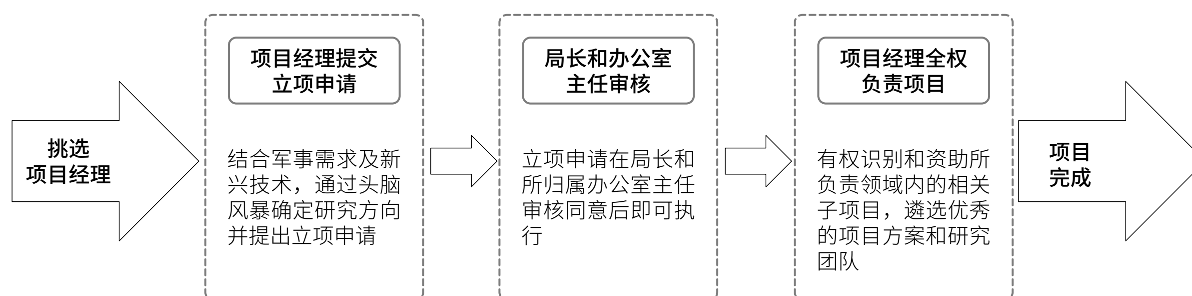


图 3　美国 DARPA 项目经理机制的执行过程
Figure 3　Implementation process of DARPA project-manager system in the United States

失败风险。

DARPA 模式的成功引来各国有关机构争相模仿，“ARPA-everything”开始兴起[27]。最明显是美国：奥巴马政府成立了能源高级研究计划局（ARPA-E），以促进低碳技术发展；拜登政府在首个预算提案中提出成立卫生高级研究计划局（ARPA-H）[28]和气候高级研究计划局（ARPA-C）[29]，以在生物医学和气候领域加速创新突破。日本 2018 年在 DARPA 模式的启发下开展了“登月计划”（Moonshot）⑦，以应对需要进行高风险科学研究和技术突破才能解决的重大国家挑战。德国 2019 年建立了联邦颠覆性创新机构（SPRIN-D），旨在发现具有颠覆性潜力的高度创新研究项目，为颠覆传统知识的想法提供大量资金支持⑧。英国 2021 年宣布成立一个新的独立的研究机构高级研究与发明局（ARIA），以专注于有潜力产生技术变革或科学范式变革的高风险项目⑨。可见，项目经理模式在一些国家的战略规划和机构设置层面产生了巨大影响，为 HRHR 研究资助管理体系提供了宝贵经验。

2.3 去评审化机制——随机抽签制

随机抽签制是“去评审化”的重要尝试，本质上是将机会作为主要决定因素的随机选择应用于项目资助过程，给予申请人更大的公平性和自由度，促进和鼓励非共识的 HRHR 研究。新西兰 HRC 在 2013 年“探索者资助计划”⑩评估过程中首次使用了随机抽签制。该资助计划旨在吸引和资助在健康领域具有重大影响潜力的变革性研究，要求申请书尽量简短且匿名以供评审专家进行初步的质量判断，而所有被评估为具有变革性和可行性的项目申请都同样有资格获得资助。

HRC 的随机抽签机制主要包括资格审查、质量审查和随机选择 3 个步骤（图 4）。随机抽签制并不是同行评议的完全替代，而是简化和补充。在质量审查过程中，需要依赖同行专家的学识判断能力进行初步质量筛选，目的在于识别“差的”并将其剔除。同行专家并不直接参与资助与否的决策，最终结果由无差别的随机抽取决定，从而弱化了决策过程中的人为影响，相对更加透明公正。新西兰 HRC 也对其随机抽签的实施效果及研究人员的接受程度进行追踪发现：63% 的受访者赞成随机分配资金，认为这种方式并未影响研究质量[30]。

近几年，随机抽签制的试点试验在一些国家兴

⑦ JST’s Moonshot. Moonshot R&D. [2022-04-24]. https://www.jst.go.jp/moonshot/en/about.html.

⑧ Research in Germany. Federal Agency for Disruptive Innovation. [2022-04-24]. https://www.research-in-germany.org/en/research-landscape/r-and-d-policy-framework/agency-to-promote-breakthrough-innovations-%E2%80%93-sprind.html.

⑨ GOV.UK. UK to launch new research agency to support high risk, high reward science. [2022-04-24]. https://www.gov.uk/government/news/uk-to-launch-new-research-agency-to-support-high-risk-high-reward-science.

⑩ Health Research Council of New Zealand. HHRC explorer grant applications open 1 October 2015. [2022-04-24]. https://www.hrc.govt.nz/news-and-events/hrc-explorer-grant-applications-open-1-october-2015.

chinaXiv:202303.10049v1

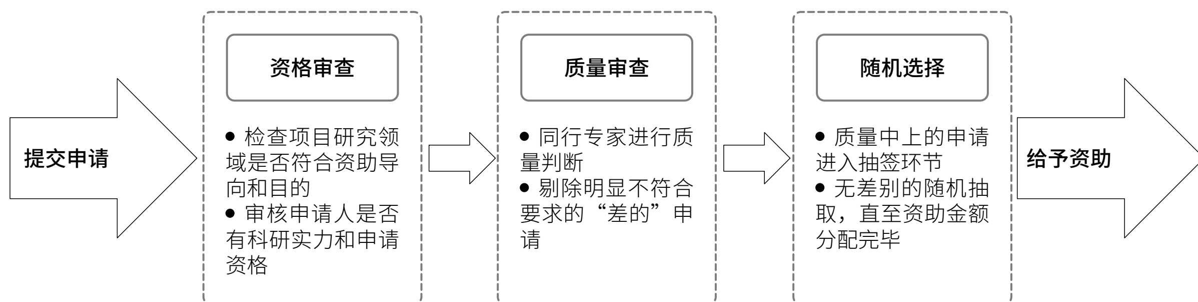


图 4 新西兰 HRC 随机抽签制的执行过程
Figure 4 Implementation process of HRC lottery system in New Zealand

起。新西兰科学技术创新国家科学挑战计划（SfTI）的种子项目资助也使用了随机抽签制，旨在资助高风险、技术复杂的小型创新项目⑪；德国大众基金会资助计划“实验！”（Experiment!）资助科学与工程及生命科学领域全新的和高风险的研究，在 2017 年的立项评估中引入随机抽签制⑫；瑞士 SNSF 在 2018—2020 年间博士后流动职业资助计划的试点阶段，要求评估小组抽签决定哪些申请应该获得博士后奖学金[31]。总体来看，随机抽签制规避了同行评议的各种偏见和利益冲突，极大程度上简化了评审流程，对自由探索型的高风险研究友好。目前，随机抽签制还处在少数国家的小范围试验阶段，其适用性和科学性还需要使用足够多的数据和事实进行验证，尚未取得国际科学界的广泛共识，但无疑为 HRHR 研究评审提供了一种可选方案和资助思路。

2.4 HRHR 研究 3 种资助机制的异同

上述 3 种资助机制都旨在促进 HRHR 研究的识别和培育，在实施过程中分别从不同角度对 HRHR 研究的不确定性和潜在失败风险进行了克服和规避。改进的同行评议机制，应用于 HRHR 研究时，注重申请者所提想法和概念本身，弱化具体实验方案和预算请求，采用匿名评审、多级评审等方式消除评审偏见和降低不确定性，以支持高风险的自由探索类项目。项目经理制，则是通过培养和选拔合适的项目经理，给予项目经理充分的自主权，采用灵活的阶段性评估，实时关注研究效果，动态调整资助计划，以便及时止损、降低风险。随机抽签制，相对粗放地忽略研究细节，只剔除明显不合格研究，以无差别方式随机选择资助对象，避免项目选择中的人为倾向性偏好因素。这些资助机制为我国 HRHR 研究类项目的科技政策制定提供了有益参考，在具体借鉴和应用过程中可以在某些特定的项目类型，结合实际综合考虑，选择和谋划设计最优的科研资助评审机制和策略。

3 启示与建议

3.1 制定促进 HRHR 研究的科技管理政策

HRHR 研究是一种探索性很强的研究活动，高度不确定性及潜在的失败风险导致其资源配置有限、研究人员参与较少等问题更为突出。国家应充分发挥宏观调控和前瞻布局作用，在持续资助常规的渐进式研究的同时，高度重视突破常规范式的 HRHR 研究，制定有形的科研资助政策、发展战略和项目规划等。特别是对基础研究类的 HRHR 研究项目，由于其科学公共属性决定其研究投入应主要以政府为主，而

⑪ Science for Technological Innovation. Seed project development process. [2022-04-24]. https://www.sftichallenge.govt.nz/for-researchers/funding-and-get-involved/seed-project-development-process/.

⑫ VolkswagenStiftung. Experiment!-In search of bold research ideas (completed). [2022-04-24]. https://www.volkswagenstiftung.de/en/funding/our-funding-portfolio-at-a-glance/experiment.

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202303.10049v1

设立 HRHR 研究专项是一些国家科研机构的常用方法。例如，美国 NSF、NIH 等大型科研资助机构均设立 HRHR 研究专项。我国也已经有所实践——国家自然科学基金委员会 2019 年试点开展分类申请，资助导向分为 4 类科学问题属性，其中第 1 类就是“鼓励探索、突出原创”，并推出了原创探索计划项目。未来在 HRHR 研究的科技管理过程中，还需从国家战略需求和国际科技竞争格局出发，制定和完善相关的国家科技政策和战略规划，围绕关键的共性科学技术问题领域，设立更多的 HRHR 研究计划和项目等。

3.2 完善遴选 HRHR 研究的项目评议机制

科研管理部门要正视现有评价体系中的学科知识局限和保守偏好倾向等，借鉴国际上改进的同行评议、项目经理和随机抽签等机制的成功经验，探索适用于我国 HRHR 研究的新型科研资助管理机制。*在项目设计和评价导向上*，应改变传统评审过程中的思维定式，强调支持有潜力产生重要科技突破和学术影响的，特别是能够支撑国家战略目标的高风险研究。*在项目发现和评价标准上*，重点关注科学问题和研究想法的新颖性，强调对研究的创新性和突破性探讨，相对弱化预期目标、技术路径、实施方法、资金预算等具体的规范性要求。*在项目选择和评价方法上*，改变专家评审唯一路径依赖的现象，将专家意见作为参考，建立丰富完善且公平透明的评审流程；允许质疑和答辩，以在不断交互过程中消除理解偏差和偏好依赖，使资助决策公平透明化。*在项目评估和评价流程上*，借鉴项目经理制“宽进严出”的做法，重视对项目的过程化管理，增加项目阶段评估——对于具有广泛前景的研究可以追加资助和延长期限，而对已验证不可行项目设置灵活的中途退出机制。

3.3 营造激励 HRHR 研究的卓越学术生态

科技发展是不断突破现有范式的一种“颠覆性”知识创造活动，科技政策应以充分激励科学创新为导向，避免科学的保守主义或者平庸行为，给予科学家更大的研究自由度，促进自由探索型研究普遍开展。*① 需要切实弱化对“预期成果”产出的刚性要求，从根本上解决科研人员的研究顾虑，为其提供更有利于 HRHR 研究的环境。*例如，对于基础前沿探索类项目，不应在项目申报时就刚性要求“预期成果”，真正建立容许失败的文化氛围。*② 发展真正有助于选择“研究能力”而非“头衔帽子”的资助政策，激励和引导科研人员进行前瞻性探索。*例如，“揭榜挂帅”制度，就是一种针对特定难题和关键核心技术攻关，设奖征集具有创新性科技成果的非周期性奖励制度[32]。*③ 落实研究过程中“科研人员主导”的科技政策。*HRHR 研究由于其科学问题的高挑战属性，往往研究周期长、不确定性程度高，相关管理机构要赋予科研人员项目实施决策权和技术路线选择权，并允许其中途灵活地改变研究路线，以应对研究实践中新出现的研究问题和想法等。

参考文献

1 张志强. 坚持科技发展正确理念 实现科技自主自立自强. 世界科技研究与发展, 2021, 43(1): 1-7.
Zhang Z Q. Set up the correct ideas of science and technology development and realize the self-reliance and independent development of science and technology. World Sci-Tech R & D, 2021, 43(1): 1-7. (in Chinese)

2 WIPO. Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis. (2021-09-20)[2021-10-27]. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2021.pdf.

3 O’Connor C. The natural selection of conservative science. Studies in History and Philosophy of Science Part A, 2019, 76: 24-29.

4 Nicholson J M, Ioannidis J P A. Conform and be funded. Nature, 2012, 492: 34-36.

5 Boudreau K J, Guinan E C, Lakhani K R, et al. Looking across and looking beyond the knowledge frontier: Intellectual distance, novelty, and resource allocation in science.

ChinaXiv合作期刊

Management Science, 2016, 62(10): 2765-2783.

6 Stanford P K. Unconceived alternatives and conservatism in science: The impact of professionalization, peer-review, and Big Science. Synthese, 2019, 196(10): 3915-3932.

7 Sinkjær T. Fund ideas, not pedigree, to find fresh insight. Nature, 2018, 555: 143.

8 Kuhn T S. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

9 张志强. 科技强国科技发展战略与规划研究. 北京: 科学出版社, 2020.

Zhang Z Q. Research on Science and Technology Development Strategy and Planning of Science and Technology Power. Beijing: Science Press, 2020. (in Chinese)

10 陈云伟, 曹玲静, 张志强. 新冠肺炎疫情大流行对国际科技发展的影响及其启示. 中国科学院院刊, 2021, 36(11): 1348-1358.

Chen Y W, Cao L J, Zhang Z Q. Impact of COVID-19 pandemic on science and technology development worldwide and its enlightenment. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(11): 1348-1358. (in Chinese)

11 United States Department of State. 2020 National Strategy for Critical & Emerging Technologies. (2020-10-20)[2021-04-10]. https://nps.edu/web/slamr/-/2020-national-strategy-for-critical-emerging-technologies.

12 NSTC. Critical and emerging technologies list update. (2022-02-02)[2022-03-19]. https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/02/02-2022-Critical-and-Emerging-Technologies-List-Update.pdf.

13 Congress. America COMPETES Act of 2022. (2021-01-25)[2022-04-18]. https://www.congress.gov/117/bills/hr4521/BILLS-117hr4521eas.pdf.

14 UK Government. UK research and development roadmap. (2020-07-01)[2021-10-10]. https://www.gov.uk/government/publications/uk-research-and-development-roadmap.

15 UK Government. MOD Science and Technology Strategy. (2020-10-19)[2021-09-10]. https://www.gov.uk/government/publications/mod-science-and-technology-strategy-2020.

16 Bush V. Science, the Endless Frontier. Princeton: Princeton University Press, 2020.

17 Braben D W. Pioneering Research: A Risk Worth Taking. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004.

18 龚旭. 科学基金与创新性研究——美国国家科学基金会支持变革性研究的相关政策分析. 中国科学基金, 2011, 25(2): 105-110.

Gong X. Public funding and innovative research—An analysis on the policy of supporting transformative research at national science foundation of U.S. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2011, 25(2): 105-110. (in Chinese)

19 Lee F S. The Research Assessment Exercise, the state and the dominance of mainstream economics in British universities. Cambridge Journal of Economics, 2006, 31(2): 309-325.

20 Gillies D. Economics and research assessment systems. Economic Thought, 2012, 1: 23-47.

21 The United States Congress. America Competes Act of 2007. (2007-08-09)[2021-09-27]. https://www.congress.gov/110/plaws/publ69/PLAW-110publ69.pdf.

22 OECD. Effective Policies to Foster High-Risk/High-Reward Research. Paris: OECD Publishing, 2021.

23 National Science Board. Enhancing Support of Transformative Research at the National Science Foundation. (2007-05-07)[2021-09-27]. https://www.nsf.gov/pubs/2007/nsb0732/nsb0732.pdf.

24 Machado D. Quantitative Indicators for High-Risk/High-Reward Research. Paris: OECD Publishing, 2021.

25 智强, 林梦柔. 美国国防部DARPA创新项目管理方式研究. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(10): 12-22.

Zhi Q, Lin M R. The management of DARPA and its implication to China. Science of Science and Management of S&T, 2015, 36(10): 12-22. (in Chinese)

26 郝君超, 王海燕, 李哲. DARPA科研项目组织模式及其对中国的启示. 科技进步与对策, 2015, 32(9): 6-9.

Hao J C, Wang H Y, Li Z. Research on DARPA's projects organization and its implications for China. Science & Technology Progress and Policy, 2015, 32(9): 6-9. (in Chinese)

27 Tollefson J. The rise of 'ARPA-everything' and what it means for science. Nature, 2021, 595: 483-484.

28 Collins F S, Schwetz T A, Tabak L A, et al. ARPA-H: Accelerating biomedical breakthroughs. Science, 2021, 373:

chinaXiv:202303.10049v1

ChinaXiv合作期刊

165-167.
29 Badia L, Plaut J M, von Fischer J C, et al. Envisioning ARPA-C: A transdisciplinary institution for radical climate research and intervention. Earth's Future, 2021, 9(6): e2021EF002115.
30 Liu M Y, Choy V, Clarke P, et al. The acceptability of using a lottery to allocate research funding: A survey of applicants. Research Integrity and Peer Review, 2020, 5(1): 3.
31 Chawla D S. Swiss funder draws lots to make grant decisions. Nature, 2021, doi: 10.1038/d41586-021-01232-3.
32 曾婧婧, 宋娇娇, 李铭禄. 参与风险约束下科技悬赏的激励机制研究. 科研管理, 2018, 39(11): 40-48.
Zeng J J, Song J J, Li M L. A study of the incentive mechanism of science and technology inducement under the constraint of participating risk. Science Research Management, 2018, 39(11): 40-48. (in Chinese)

Developing Science and Technology Policies for High Risk-High Reward Research

CAO Lingjing ZHANG Zhiqiang*
(1 Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;
2 Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of ChineseAcademy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract High Risk-High Reward (HRHR) research refers to scientific research with high risk of failure but characterized by breakthrough, innovation and originality. It truly reflects the original innovation ability of science and technology, is committed to bringing major scientific discoveries and technological breakthroughs, and is conducive to accelerating the improvement of national competitiveness in original science and technology. The theoretical and methodological research in this area will help improve science and technology policies. On the basis of clarifying its development background, conceptual connotation and characteristics, this paper discusses the construction of a "decision-funding-implementation" model of HRHR research and management system. By taking the HRHR projects of typical international scientific research institutions as case studies, it systematically analyzes, compares and summarizes the basic principles, review processes, advantages and disadvantages of representative academic review mechanisms such as peer-review model, project-manager model, and de-review model. Based on the innovation experience of foreign HRHR research projects, some suggestions are put forward: formulate HRHR research funding policies to promote original innovation; improve the academic review mechanism for selecting HRHR research; and create an excellent academic ecology that stimulates HRHR research development.

Keywords High Risk-High Reward (HRHR), transformative innovation, original innovation, science funding, science and technology policy, academic review



曹玲静 中国科学院成都文献情报中心博士研究生。主要研究领域：情报学理论方法与应用、科技政策与政策信息学等。发表论文10余篇。E-mail: caolingjing@mail.las.ac.cn

CAO Lingjing Doctoral candidate, Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences (CAS). Dr. Cao has published more than 10 papers. Her major research fields are methods and applications of information science, science policy and policy informatics. E-mail: caolingjing@mail.las.ac.cn

*Corresponding author

chinaXiv:202303.10049v1



张志强 中国科学院大学经济与管理学院教授，中国科学院成都文献情报中心研究员。四川省委省政府决策咨询委员会委员，四川省学术和技术带头人，成都市科技顾问团顾问。独立或合作出版专编著30部、出版译著13部、发表论文400余篇。获得省部级科技进步奖、社会科学优秀成果奖等科技成果奖励20项。主要研究领域：科技战略与规划、科技政策与管理、情报学理论方法与应用、生态经济学与可持续发展等。E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

ZHANG Zhiqiang Professor of School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, and Professor of Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Sciences (CAS). Member of the Advisory Committee for Decision-making of Sichuan Province, Academic and Technological Leader of Sichuan Province, and Consultant of Chengdu Science and Technology Advisory Group. Dr. Zhang has published 30 monographs, 13 translated works and more than 400 papers independently or jointly, and has won 20 awards for scientific achievements, such as provincial and ministerial awards for scientific and technological progress and awards for outstanding achievements in social sciences. His major research fields are strategic planning for scientific and technological development, science policy and research management, methods and applications of information analysis, and ecological economics and sustainable development.
E-mail: zhangzq@clas.ac.cn

chinaXiv:202303.10049v1

■责任编辑：岳凌生